Lane Medical Library
STANFORD UNIVERSITY 15 MAR LIBRARY

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin der Universität Heidelberg.
(Vorstand: Prof. Dr. W. Schwarzacher).

Ein Beitrag zum Tod durch Verschütten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Heinz Aumer

aus Meiningen.

Buchdruckerei Thiele, Gütersloh i. Westf.

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin der Universität Heidelberg.
(Vorstand: Prof. Dr. W. Schwarzacher).

Ein Beitrag zum Tod durch Verschütten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

einer

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Heinz Aumer

aus Meiningen.

Buchdruckerei Thiele, Gütersloh i. Westf.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Heidelberg.

Referent: Professor Dr. Schwarzacher
Dekan: Professor Dr. H. Runge

1937

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153719_0053

Der Verschüttungstod kann durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden. Das eine Mal sind es durch die Verschüttung entstehende Verletzungen, die den Tod herbeiführen — der Weltkrieg liefert eine Unzahl von Beispielen dafür — das andere Mal handelt es sich um reinen Erstickungstod. Fälle, deren hervorstechendstes Merkmal das Trauma ist, sollen hier nicht weiter interessieren, vielmehr wird über Verschüttungen durch Sand und Getreidekörner berichtet — Verschüttungen, die meist ohne nennenswerte Verletzungen einhergehen und deren Wirkung auf der Erstickung beruht. Es sind zwei Erstickungsarten zu unterscheiden: Solche, bei denen durch Verlegung der Respirationsöffnungen der Luftzutritt zu den Atemwegen unmöglich gemacht wird und solche, die durch mangelnde Ausdehnungsmöglichkeit des Thorax infolge des darauf lastenden Druckes und der damit verbundenen Aufhebung der Respirationsbewegungen den Gasaustausch behindern. Freilich sind meistens beide Komponenten zusammen — Verschluß des Atemweges und Kompression des Thorax — Todesursache, aber es kann auch, wie von Perthes (11) und von einer ganzen Reihe anderer Autoren mitgeteilte Fälle beweisen, allein die Thoraxkompression das Ersticken verursachen. In allen diesen Fällen handelt es sich immer um kurze mechanische Einwirkungen auf den Brust-Bauchraum ohne äußere Verletzung oder jedenfalls ohne ernste Traumen. Ein umfallender Mehlsack, Pressung gegen Eisenblock, Fahrstuhl etc. ist Ursache der Erstickung. Aber auch ein Ersticken eines durch langsam fließenden Sand bis zur Brust Verschütteten ist recht gut möglich.

Letztere Art des Begrabenwerdens ist natürlich nicht vergleichbar mit einer Verschüttung, wie sie etwa bei dem Bau des Lötschbergtunnels vorkam. Hier handelte es sich um eine Naturkatastrophe allergrößten Ausmaßes. Durch einen Sprengschuß brach unter dem Gasterntal die Stirnwand ein. Es kam eine unter sehr hohem Druck stehende Materialsäule aus Wasser, Schutt und vor allem Sand in Bewegung, die nach etwa 3 bis 4 Stunden den gesamten Tunnelquerschnitt auf ca. 3 km vollständig ausfüllte. Durch innere Reibung und Reibung an den Tunnelwänden wurde alles animalische Gewebe, alle Kleider bis auf die kleinsten Teile zerrieben. Von einem Pferd, das offenbar stehend von den Verschüttungsmassen erreicht worden war, war von den unteren Extremitäten gar nichts mehr zu finden, ebenfalls nicht von Rippen und Wirbelsäule. Nur einzelne

Teile des Kopfskeletts blieben übrig, die aber bis auf ein Drittel ihrer Dicke vom Sand durchgerieben waren.

Ganz ähnliche Verhältnisse liegen auch bei Lawinenunglücken vor. Die Einbettung des Körpers in eine mehr oder weniger plastische Masse, die Art der Bewegung während des Abrollens, das verschiedene spezifische Gewicht des Schnees innerhalb ein und derselben Lawine bedingen Zerrungen, Abrisse, Brüche. Während sich der Kopf des von einer rollenden Feuchtlawine Verschütteten in lockerem Schnee befindet, sind die Extremitäten möglicherweise in Eis. Die Lawine rollt immer schneller, die Massen verschieben sich und es kommt zu den eben erwähnten Verletzungen. Geht der Verschüttete an den erlittenen Verletzungen nicht zu Grunde, so tritt als konkurrierende Todesursache der Tod durch Erfrieren oder Ersticken ein. Relativ selten sind bei Lawinenunglücken eigentlich die Rippenbrüche. Da der Druck nicht in einer Richtung wirkt, der Thoraxinnendruck durch Hinaufdrängen der Baucheingeweide und Glottisverschluß erhöht wird und durch die oft hochgezogenen Beine ein gewisser Schutz besteht, kommen sie ziemlich wenig vor.

Totalverschüttungen sind in der Literatur mehrfach beschrieben worden. So berichtet Marx (6) von 4 Arbeitern, die bei Ausgrabungsarbeiten von einer einstürzenden Sandmauer begraben wurden. Sie konnten nach 11-stündigen Rettungsversuchen nur mehr als Leichen geborgen werden. Bei dreien der Arbeiter fand man außer kleinen Hautabschürfungen weder äußere noch innere Verletzungen. Die Haut der oberen Brusthälfte war blauviolett verfärbt. Zwei der Fälle zeigten starke konjunktivale Blutungen und neben Fältelung auch blasige Abhebung der Haut des Oberschenkels. Rachen, Luftröhre und Bronchien waren mit Speisebrei gefüllt und Ursache der Erstickung. Sand in der Luftröhre oder im Verdauungstraktus fand man nicht. Es ist das nicht weiter verwunderlich, denn die Fälle, wo es durch den starken Druck auf den gefüllten Magen zum Erbrechen und in der Bewußtlosigkeit zur Aspiration des Erbrochenen kommt, sind nicht selten. Herz und Lunge zeigten den beim Erstickungstod üblichen Befund.

Ähnlich liegt ein von Hoffmann (4) mitgeteilter Fall: Ein Arbeiter war durch Einsturz eines Kornspeichers verschüttet und wurde tot ausgeschaufelt. An der Haut war außer vielen punktförmigen Blutungen im Bereich der Vena cava sup. nichts zu sehen. Die inneren Organe erwiesen sich als unverletzt. Kehlkopf und Trachea mit deren Verzweigung und sogar der linke Bronchus waren mit Körnern verstopft.

Da die beweglichen Teilchen jederzeit auch postmortal in die Mundhöhle gelangen können, so kann man auf eine erfolgte Aspiration nur dann schließen, wenn sie tief in den Luftwegen oder mit dem

Blut verschleppt im Ventrikelblut oder sogar im Herzmuskel sich vorfinden. Lochte (5) spricht sich sogar über eine Verwertbarkeit der chemischen Analyse des Herzmuskels für die Diagnose des Todes durch Verschütten aus. Ebenso beweisend für das Eintreten des Todes nach der Verschüttung ist die Anwesenheit der umgebenden Substanz im Magen oder Darm.

Die von anderen Autoren veröffentlichten Fälle zeigen im wesentlichen dasselbe Bild: Eckchymosen vornehmlich im Kopf-, Hals- und Brustgebiet, manchmal Blasenbildung, an den inneren Organen die Zeichen des Erstickungstodes.

Ist die Exkursionsmöglichkeit des Thorax nicht ganz aufgehoben, das umgebende Medium porös, sodaß genügend Sauerstoff zu den Atmungswegen gelangen kann, dann besteht auch noch nach längerer Zeit Hoffnung auf lebende Bergung. Auch die instinktive Schutzbewegung, Vorhalten des Armes vor das Gesicht während des Verschüttetwerdens, kann ausschlaggebend für die Rettung sein. Eine Mitteilung von Silberstern (14) gibt davon Zeugnis: 2 Arbeiter wurden in einem Brunnenschacht von herabfallenden Sandmassen verschüttet und nach 50stündiger Rettungsarbeit der eine lebend, der andere tot geborgen. Beide waren fast gleichlang und von denselben Sandmassen begraben und nur der Schaffung eines kleinen Raumes zwischen Mund, Nase und dem andringenden Sand durch den vorgehaltenen Arm hatte der eine sein Leben zu verdanken. Allerdings starb auch er vier Tage später unter den Erscheinungen einer Aspirationspneumonie verbunden mit Lungenödem. Bezeichnend für derartige Verschüttungen ist das klinische Bild, das dieser Arbeiter bot. Ekchymosen im Gesicht, Schwellung der Conjunktiven. Haut teilweise abgeschürft, teilweise gequollen. Puls klein, fadenförmig, 120. Atmung verlangsamt, Extremitäten kühl. Der linke Oberarm diffus geschwellt, teigig anzufühlen, nekrotisierend, druckschmerzhaft. Im Harn deutlich Eiweiß. Leichte Benommenheit, anhaltende Hinfälligkeit. Nach 4 Tagen exitus. Die Obduktion ergab akutes Lungenödem, rechtsseitige Pneumonie, Paremchymschädigung des Herzens und der Niere. In der Lunge fand man Sandpartikelchen.

Ein besonderes Augenmerk hat man in letzter Zeit auf die nach Verschüttung häufig beobachteten Muskelnekrosen und Nierenschädigungen gerichtet. Frankenthal (3) und Orth (10) sind es, die zuerst die ausgedehnten Nekrosen beschreiben, trockene, weißliche, fischfleischartige Muskelabschnitte, deren histologisches Bild dem Befund bei wachsartiger Degeneration gleicht; das spätere Stadium dieser Veränderung zeigt Regeneration und Verkalkung. Neben der Muskelschädigung besteht an den betroffenen Körperstellen eine teigige Schwellung, ein Oedem. Frankenthal und

Schmincke (13) fassen die Nekrosen als ischämische auf. Sie seien durch Blutleere infolge eines längere Zeit andauernden Gefäßverschlusses oder infolge direkter Druckwirkung entstanden. Eine reflektorische Wirkung auf die Vasokonstriktoren sei auch in Betracht zu ziehen. Ebenfalls könne als Schädigung der vasomotorischen Zentren der Befund Volkmanns (16) gedeutet werden, der nach Verschüttung Senkung der Körpertemperatur bis zu 26° sah.

Was die Nierenveränderung anbelangt, so findet man — ohne daß eine Entzündung besteht — meist starke Parenchymschädigung, die wohl auf mangelnde Regulierungsmöglichkeit infolge der Hautabkühlung, Druckwirkung des nicht ausreichenden Muskel- und Gefäßtonus zurückzuführen ist. Auch dem bei Verschüttung häufig beobachteten Schock darf man eine gewisse Mitwirkung nicht absprechen. Schock allein ist niemals Todesursache. Während sich Borst (1) für eine vasomotorische Genese der Nierenschädigung ausspricht, glaubt Minami (9) die Parenchymdegeneration und die durch akuten Blutzerfall häufig vorkommende Methämoglobininfarzierung mit akuter Autointoxikation — ausgelöst durch Zerfall des Muskeleiweißes an der Stelle der multiplen Nekrosen — erklären zu können. Minami stützt sich auf eine ganze Reihe von Fällen, von denen er als Todesursache Autointoxikation, Blutzerfall und Degeneration des Nierenparenchyms annimmt. Eine Arbeit von Meixner (8) über das Glykogen der Leber bei verschiedenen Todesarten gibt einigen Aufschluß, allerdings mit Vorbehalt über den Glykogengehalt der Leber nach Verschüttung. Aus dem Verbrauch des Glykogens glaubt Meixner auf die Lebensdauer während der Verschüttung rückschließen zu können, ob zu Recht oder zu Unrecht, sei dahingestellt.

Zur Vervollständigung der Beobachtungen bei Verschüttung in lockerem Material halte ich es für gerechtfertigt, 3 Fälle, die auch durch ihre Begleitumstände Interesse verdienen, mitzuteilen. Die Unterlagen für Fall 1 und 3 überließ mir Herr Professor Dr. W. Schwarzacher, Vorstand des Institutes für gerichtliche Medizin, Fall 2 Herr Professor Dr. A. Schmincke, Vorstand des Pathologischen Institutes (beide Heidelberg).

Fall I:

Am 11. 4. 34 vormittags 9.30 Uhr läßt sich der Arbeitsdienstfreiwillige K. während einer Frühstückspause von seinen Kameraden lebendig begraben. Er erklärt, in einem Zirkus schon oft dieses Kunststückchen vorgeführt zu haben und schaufelt sich selbst in lockerem Sandboden eine etwa 1 m tiefe, 2 m lange und 90 cm breite Grube. Knieend, das Gesicht nach unten und in die Hände vergraben, wird

er von seinen Kameraden mit Sand zugedeckt. Er will in dieser Lage eine Viertelstunde lang aushalten und dann von sich aus allein wieder herauskommen oder ausgeschaufelt werden. Sein Vorgesetzter kommt nach 8 Minuten dazu, erfährt das Vorgefallene und befiehlt sofortige Ausgrabung. Trotzdem gibt K. keine Lebenszeichen mehr von sich. Die gleich vorgenommene künstliche Atmung bleibt erfolglos und der herbeigerufene Arzt kann nur mehr den Tod feststellen. Die Staatsanwaltschaft zeigt für den Fall Interesse und verfügt die Sektion der Leiche.

Die äußere Besichtigung zeigt die mit einem Drillichanzug bekleidete 1,64 m große Leiche eines 25jährigen jungen Mannes von kräftigem Körperbau. Die Leiche ist überall mit Sand bedeckt. Nach Entfernung der Kleider sieht man nirgends eine Verletzung. Die Haut des Kopfes und des Halses, ebenso beide Oberarme lassen stark blaurot verfärbte Totenflecke erkennen. Am rechten Oberarm, an beiden Schultern, nicht dagegen im Gesicht reichlich punktförmige Blutungen in der Haut, ebenso kleine Blutungen in den Conjunktiven. In den äußeren Gehörgängen Sand, in beiden Nasenöffnungen schaumiger Schleim. Lippen blaurot, Zunge zwischen den Zahnreihen, Mund etwas geöffnet. In der Mundhöhle Sand und etwas schaumiger Schleim. Schwer zu lösende Totenstarre in allen Gliedern. Geschlechtsteil und After außerordentlich mit Sand bedeckt, sonst ohne Besonderheiten.

Bei der Sektion findet man eine weiche unversehrte Schädeldecke, die mit einer Reihe punktförmiger Blutungen durchsetzt ist. Die Hirnhäute sind intakt, ihre Gefäße mit reichlich dunkelrotem Blut gefüllt. In dem ziemlich trockenen Gehirn, dessen Gefäße zart und dünnwandig sind, zeigen sich Blutpunkte. Die Ventrikel, ebenso das Rückenmark, sind ohne Besonderheiten. In der Brust- und Bauchmuskulatur sind keine Blutungen festzustellen. Mundhöhle und oberer Teil der Speiseröhre sind mit Sand durchsetzt, während der Kehlkopfeingang und die oberen Bronchien schleimigen Inhalt aufweisen. Der untere Teil der Luftröhre ist mit Mageninhalt — Wurstpelle und Wurststücke vermischt mit Schleim und Sand — angefüllt. Unterhalb der Bifurkatio sind beide Bronchien vollkommen mit Mageninhalt und Sand verstopft. Die Ausfüllung geht bis in die kleineren Verzweigungen der Luftröhre fort. In der Lunge, die ziemlich stark gebläht ist, und im linken Herzen ist viel dunkelrotes, flüssiges Blut, das rechte Herz ist leer. Außer einer Reihe punktförmiger Blutungen unter dem Herz- und Brustfell keine Besonderheiten. Die Eröffnung der Bauchhöhle und Sektion ihrer Organe zeigt nichts Auffälliges. Im Magen findet sich derselbe Inhalt wie in den Bronchien vor.

Der Tod ist durch Aspiration von erbrochenen Massen und Sand und damit Verstopfung der Luftröhre und deren feineren Verzweigungen durch Erstickung eingetreten. Durch den starken Druck auf den vollgefüllten Magen — es war gerade Frühstückspause — kam es zum Erbrechen und durch Aspiration zum Erstickungstod.

Fall II:

Am 29. 1. 32 wurde der Mälzereiarbeiter B. in einem Silo seiner Fabrik, der mit etwa 300 Zentner trockener Gerste gefüllt war, verschüttet. Zur Erklärung des Unfalls sei folgendes bemerkt: B. hatte die Aufgabe, zusammen mit einem Kollegen die im dritten Stock der Fabrik befindliche leere Vorratskammer mit Gerste zu füllen. Zu diesem Zweck kroch sein Helfer durch eine mit einem Deckel verschlossene Luke in die Vorratskammer ein und ließ durch Oeffnen eines Loches am Boden des im vierten Stock gelegenen Silo die Gerste einlaufen. B. hatte nun nichts weiter zu tun, als die Luke der Vorratskammer durch Emporhalten des Deckels offen zu halten. Er tat das aber nicht lange, sondern stellt nach kurzer Zeit den Deckel durch ein Stück Holz in die Höhe und ging nach dem darüberliegenden Silo. Ueber dem Abflußloch stehend wurde er dann von der fließenden Gerste eingeschüttet. Er rief um Hilfe, und der herbeieilende Kollege K. versuchte den bis etwa in Bauchhöhe Eingeschütteten herauszuziehen, was ihm aber nicht gelang. K. rannte fort und holte weitere Hilfe herbei, die B. bis zur Brust eingeschüttet vorfanden und ausschaufelten. Bis die Arbeiter ihn befreien konnten, war die Gerste in Kopfhöhe gestiegen. Es wurde aber immer darauf geachtet, daß sein Gesicht frei war. Als B. nach kurzer Zeit geborgen war, gab er keine Lebenszeichen mehr von sich. Der bereits anwesende Arzt stellte Wiederbelegungsversuche auch mit einem Sauerstoffapparat an, allerdings ohne Erfolg. Er vermutete die Todesursache in einem Herzschlag. Auf Veranlassung der Versicherungsgesellschaft wurde die Sektion der Leiche vorgenommen, deren Ergebnis folgendes war:

Die äußere Besichtigung zeigt einen mittelgroßen, etwas mageren Körper, starke Totenstarre. Totenflecke am Rücken, Nacken, Gesäß und der Innenseite der Oberschenkel. Keine Verletzung der äußeren Körperdecke festzustellen. Die natürlichen Körperöffnungen ohne Besonderheiten. Nach Eröffnung der Bauch- und Kopfhöhle findet man die Lage der Organe und die Organe selbst der Norm entsprechend. Nach Abnahme des Brustbeines erscheinen die vorderen Ränder beider Lungen stark gebläht. Rechte und vor allem linke Lungenspitze sind hinten mit der Brustwand verwachsen und lassen Schwielenbildung erkennen. Im Herzbeutel kein krankhafter Inhalt.

Das Herz so groß wie die rechte kräftige Leichenfaust. Im rechten Herzen und im linken Vorhof reichlich dunkelblaues Blut ohne jegliche Thrombenbildung. Die linke Kammerhöhle leer. Die Klappen- und Herzmuskulatur ohne Besonderheiten. Mäßige Verhärtung der Aorta und der Coronargefäße.

In der Mundhöhle ein einziges Gerstenkorn, dafür im unteren Teil der Speiseröhre eine ganze Reihe in Schleim gebettete Gerstenkörner sowie Mageninhalt. Kehlkopfknorpel verknöchert.Oberhalb des Stimmbandes links ein anscheinend festgeklemmtes Korn. Die Luftröhre ist weit und leer. In Verfolg der beiden Hauptbronchien und ihrer Verzweigungen stößt man auf eine Menge Gerstenkörner. Links sind bedeutend mehr als rechts zu finden. In den größeren linken Ästen liegen sie eng beieinander und erfüllen die Lichtung vollkommen. Schnitte durch die Lunge zeigen das Gewebe lufthaltig von vermehrter Blutfülle. Die Gefäße am Hals und Gehirn enthalten reichlich blaurotes Blut ohne Gerinnsel.

Einwandfrei ist durch die Sektion trotz der Aussage des K., daß der Kopf des Verunglückten immer frei war, bewiesen, daß es sich nicht um einen Herzschlag, sondern um einen reinen Erstickungstod handelt, verursacht durch Aspiration von Gerstenkörnern. Die starke Kompression des Brust-Bauchraumes hat ebenfalls zum Ersticken beigetragen.

Fall III:

Zur Durchführung der Reichsautobahn sollte die hochgelegene Straße von W. nach E. durchbrochen werden. Die Wände, die abzutragen waren, hatten eine Höhe von fast 7 Metern und waren nahezu senkrecht. Durch Außerachtlassen der nötigen Vorsichtsmaßregeln seitens der Bauleitung kam es bei Unterhöhlungsarbeiten zu einem frühzeitigen Einsturz von Erdmassen. Ein Arbeiter konnte sich nicht mehr schnell genug in Sicherheit bringen und wurde von einigen Zentnern Erde bedeckt. Obwohl er sofort ausgegraben wurde, verschied er nach 50 Minuten, ohne das Bewußtsein wiedererlangt zu haben. Die Sektion sollte die Todesursache feststellen:

Die Wucht und Schwere der niederstürzenden Erdmassen, die den Verunglückten seitlich trafen, bedingten neben geringfügigen Hautabschürfungen einen Bruch beider Darmbeinschaufeln und ein Herauspressen des Hodens aus dem Hodensack; gewiß schwere Verletzungen, die aber trotzdem nicht unmittelbar zum Tod führen konnten. Auch für einen Herztod fand sich kein Anhaltspunkt. Schwere innere Verletzungen, Rupturen irgendwelcher Organe fehlten. Außer einer Blutung von etwa 50 ccm in die Bauchhöhle, die sicher auf den Riß eines kleinen Bauchfellgefäßes zurückzuführen

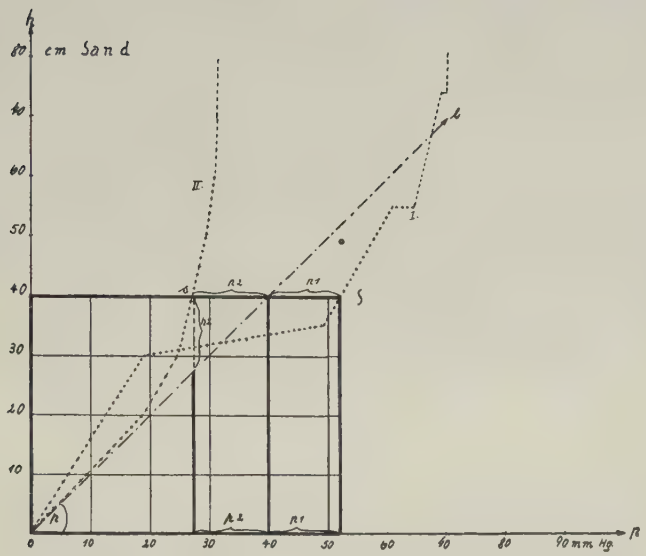
ist, was ursächlich den Tod nicht zur Folge haben kann, sah man überhaupt keine nennenswerten Blutungen. Für Fettembolie fanden sich keine Anhaltspunkte. Blieb noch die Möglichkeit der Erstickung. Wenn auch die Luftröhre und die Bronchien frei von Fremdkörpern waren und zum Verunglückten genügend Luft durch das lockere Erdreich gelangen konnte, so ist er doch durch Erstickung zugrunde gegangen. Der Schwere der auf ihm lastenden Sandmassen war seine Atmungsmuskulatur nicht gewachsen. Die Rippen wurden in stärkster Exspirationsstellung fixiert, der Druck auf das Abdomen drängte das Zwerchfell in die Höhe. Zahlreiche Blutunterlaufungen im Brustgebiet waren die Folge. Das sofortige Ausgraben des Verschütteten konnte auch keine Rettung mehr bringen. Ähnlich wie bei Erhängten, die noch lebend abgeschnitten werden, aber dann nach kurzer Zeit an den Folgen der Zirkulationsstörung — Stauung und Behinderung des O_2-Austausches und damit Veränderung der äußerst empfindlichen Hirnzellen — zu Grunde gehen, ist auch in diesem Fall die causa mortis zu erklären:

Durch die Erdmassen hervorgerufene Kompression des Thorax und des Abdomens führt zu Stauungen und kleinsten nekrotischen Zellveränderungen im Gehirn und damit zum Tod. Die schnelle Befreiung von den Erdmassen erklärt, daß der Tod nicht sofort eintrat.

Es ist wohl als sicher anzunehmen, daß bei vielen Verschüttungsfällen die Kompression des Thorax einen nicht unwesentlichen Faktor für den Erstickungstod gibt. Man ist leicht geneigt, bei dem positiven Befund der Verstopfung der Luftwege die Wirkung der Thoraxkompression zu übersehen. Sie hat aber sicher eine nicht zu unterschätzende Bedeutung.

Um nun einiges über die Druckverhältnisse während der Verschüttung zu erfahren, wurde folgender Versuch gemacht:

Es wurde ein Autoschlauch benutzt, dessen Volumen etwa das 2½fache der Brust- und Bauchhöhle eines mittelgroßen Mannes betrug. Er war mit Luft aufgepumpt entsprechend einem Druck von 136 mm Hg und durch ein etwa 1 m langes Gummirohr mit einem Manometer verbunden. Der Versuch fand in einer Sandgrube bei Sandhausen statt. Da die Form des Verschüttungsobjektes keine ausschlaggebende Rolle spielt, hatte man es also, abgesehen von der Vorspannung von 136 mm Hg, mit Verhältnissen zu tun — Feuchtigkeit, Fließbarkeit des Sandes —, wie sie tatsächlich den Verschüttungen entsprechen. Der Böschungswinkel betrug 39°, das spezifische Gewicht 1,36. Der Autoschlauch wurde in eine bei Versuch I 60 cm, bei Versuch II 30 cm tiefe Grube gelegt und mit Sand bedeckt. Bei Versuch I wurde abwechselnd lose aufgeschüttet und festgetreten, bei Versuch II wurde der Schlauch lose mit Sand bedeckt. Hierbei bekam man folgende Werte:



Versuch I.

Sandhöhe:	Hg:	Überdruck:
0 cm	136 mm	0 mm
30 cm	155 mm	19 mm
35 cm	185 mm	49 mm (etwas festgetreten)
55 cm	197 mm	61 mm (locker)
55 cm	200 mm	64 mm (etwas festgetreten)
0 cm	136 mm	0 mm

Versuch II.

Sandhöhe:	Hg:	Überdruck:
0 cm	136 mm	0 mm
20 cm	155 mm	19 mm
30 cm	160 mm	24 mm
50 cm	165 mm	29 mm
60 cm	167 mm	31 mm
0 cm	136 mm	0 mm

Graphisch dargestellt gibt das folgende Kurven: p sei der Druck in mm Hg, h die Höhe des Sandes in cm. Die Strichlinien geben die Fortsetzung der Kurven wieder, wie sie einer noch höheren Schüttung als in den Versuchen ausgeführt, entsprechen. Sandhöhe und Druck würden sich nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren in einem Verhältnis gegenüberstehen wie es der Linie l entspräche. Der Maßstab der Darstellung ist so gewählt, daß auf der Abszisse ein Teilstrich jeweils 10 mm Hg Überdruck entspricht und auf der Ordinate ein Teilstrich 10 cm des aufgeschichteten Sandes. Es verhält sich also der Maßstab der Abszisse zur Ordinate wie 10 : 1 analog dem spezifischen Gewicht des Hg zum Sand (13,6 : 1,36).

Entgegen der Annahme, daß sich der Druck bei steigender Sandhöhe proportional fortsetzt, zeigen die Versuche, daß das nicht der Fall ist. Wenn man die beiden Kurven bei einer Sandhöhe von 40 cm betrachtet, erhält man den Schnittpunkt S für Kurve I abszissenwärts von l, für Kurve II (s) ordinatenwärts von l. D. h.: Bei Versuch I ist der Druck bei einer Höhe von 40 cm größer als man es erwarten sollte und zwar um das Stück p_1, was einem Druck von 12 mm Hg gleichkommt. Der zweite Versuch zeigt das Gegenteil. Der Druck beträgt um $p_2 = 13$ mm Hg weniger als vorauszusehen oder anders ausgedrückt: Man bekommt erst bei 40 cm Sandhöhe den Druck, den man schon bei einer Höhe von 27 cm erwartet hat. h_2, eine Sandlast von 13 cm Höhe, trägt sich selbst. Würde man anstatt des feinen Sandes Erdreich von höherem spezifischen Gewicht haben, so würde sich — dieselbe Art der Darstellung vorausgesetzt — bei gleichbleibenden Kurven nur der Winkel λ verkleinern. Bei Material mit geringerem spezifischen Gewicht würde λ größer werden. Die Versuchsanordnung erklärt die Verschiedenheit der Resultate. Während in Versuch I abwechselnd aufgeschüttet und festgetreten wird, wird in Versuch II nur lose aufgeschaufelt. Durch das Festtreten des Sandes kommt ein ziemlich starker Druckanstieg zustande, der umso größer ist, je geringer die Höhe ist und der mit zunehmender Höhe stufenweise abnimmt, bis bei einem gewissen Punkt — bei unserem Versuch etwa bei 75 cm — eine Steigerung des Druckes überhaupt nicht mehr möglich ist. Bei der losen Schüttung im zweiten Versuch bekommt man eine proportional zur Sandhöhe stetige Abnahme des Druckes. Bei etwa 75 cm bleibt der Druck konstant, gleichgültig, welche Massen man noch auftürmt. Durch gegenseitiges Abstützen der Sandkörner trägt sich das Gewicht selbst.

Auf Verschüttungsfälle bezogen, sagen uns die Kurven folgendes:

1) Durch das Festtreten des Sandes wird schnell ein hoher Druck erzielt. Das erklärt sich daher, daß das Festtreten die Sand-

körnchen näher aneinanderpreßt, was eine Erhöhung des spezifischen Gewichtes bedeutet. Das Festtreten entspricht den Druckverhältnissen, wie sie beim Einstürzen von Sandmassen durch die Wucht des Sturzes und die eigene Schwere erzeugt werden. Man kann also sagen, daß Verschüttungen, die bei Unterhöhlungen von Sandmauern, Ausschachtungen, Erdrutschen und ähnlichen Arbeiten vorkommen, eine geringere Sandmenge benötigen, um einen hohen Druck zu erzielen.

2) Bei Verschüttungen in langsam fließendem Sand braucht man eine relativ große Menge, um den Druck zu erreichen, der ein Arbeiten der Atmungsmuskulatur unmöglich macht. Die Schütthöhe entspricht nicht ihrem eigentlichen Gewicht.

Es interessiert nun, bei welcher Sandhöhe der Tod durch Druckwirkung eintreten würde. Wenn man die Versuche von Tamassia (15) zu Grunde legt, der den Tod bei einer Belastung des Thorax mit dem 1½fachen Körpergewicht, also etwa 120 kg, annimmt, so kommt man zu folgenden Werten:

Zu berücksichtigen ist die gedrückte Fläche des Rumpfes, die mit ca. 2500 qcm angenommen werden kann. Daraus würde sich unter Annahme eines spezifischen Gewichtes von 1,3 eine Schütthöhe von 37 cm Sand errechnen. In dem angestellten Modellversuch beträgt die gedrückte Oberfläche auch rund 2500 qcm. Bei den Überlegungen wird von der Annahme ausgegangen, daß sich der Verschüttete, wie es meist der Fall ist, in liegender Stellung befindet und daß die Verschüttungsmassen unmittelbar auf Brust und Bauch des Verunglückten lasten. Wie die Versuche und Rechnungen ergeben, erhält man bei einer Sandhöhe von 40 cm Drucke von 40 mm Hg. Es ist aber ganz ausgeschlossen, daß die Muskulatur gegen diesen Druck ankommt.

Zum Schluß möchte ich nicht versäumen, Herrn Prof. Dr. W. Schwarzacher für Überlassung des Themas und seine freundliche Unterstützung auch an dieser Stelle zu danken. Ebenso gilt mein Dank Herrn Doz. Dr. Jungmichel für die Erstattung des Nachreferates.

Literaturangabe.

1) Borst, M.: Volkman's klin. Vorträge, Jhg. 1917, Nr. 735.
2) Braun, H.: Dtsch. Z. f. Chir. **51,** 599; **56,** 183; **74,** 411.
3) Frankenthal: Virch. Arch. Jhg. 1916. **222,** Heft 3.
4) Hofmann, E.: Lehrb. d. gerichtl. Med., 2. Aufl. 1881, Urban und Schwarzenberg.
5) Lochte, Th.: Dtsch. Z. f. ger. Med., **2,** 550.
6) Marx, A. M.: Viertelj. f. ger. Med., Jhg. 1918, **56,** 246.
7) Maschka: Viertelj. f. ger. Med., **45,** 242.
8) Meixner, K., Beitr. z. ger. Med., **1,** 340.
9) Minami, S.: Virch. Arch. **245,** 247.
10) Orth, J.: M. Med. W., Jhg. 1916, Nr. 39.
11) Perthes: Dtsch. Z. f. Chir., **50,** 436; **55,** 384.
12) Rosmanit: Wien. klin. W., Jhg. 1917, Nr. 42.
13) Schmincke, A.: Volkman's klin. Vortr., Jhg. 1918, Nr. 758/59.
14) Silberstern: Wien. klin. W., Jhg. 1909, Nr. 8, 273.
15) Tamassia, A.: Zit. nach Hofmann-Haberda, Lehrbuch d. ger. Med., 11. Aufl. 1927, Urban und Schwarzenberg.
16) Volkmann, J.: Münch. med. W., Jhg. 1917, Nr. 10.

Lebenslauf.

Ich, Heinz Aumer, wurde am 12. 3. 1913 zu Meiningen als Sohn des Realoberlehrers Ludwig Aumer und seiner Ehefrau Hermine geb. Frank geboren.

Nach dreijährigem Besuch der Vorschule meines Vaters kam ich Ostern 1922 auf das humanistische Gymnasium zu Meiningen. 1931 bestand ich mein Abitur. Ich wandte mich dem Studium der Medizin zu und studierte an den Universitäten München, Wien und Würzburg. Nach vollendetem 5. Semester legte ich die ärztliche Vorprüfung in Würzburg ab. Mein Studium setzte ich in Berlin, Rostock, Freiburg i. B., Jena und Heidelberg fort. Januar 1937 bestand ich in Heidelberg das ärztliche Staatsexamen.